UNITED STATES INFORMATION SERVICE

Sede Centrale: ROMA, Via Boncompagni 2. Telefono 4674
Uffici: Milano, Torino, Genova, Trieste, Padova, Bologna, Firenze, Napoli, Bari, Palermo, Catania.

N. 592

LA VOCE DELL'AMERICA

Testo dell'Università per Radio, trasmesso dalla Radiotelevisione Italiana il 7 aprile 1961 (UNIVERSITA' INTERNAZIONALE GUGLIELMO MARCONI, Programma Nazionale, ogni venerdì alle ore 16.45)

Joanne Malkus

L'OCEANO QUALE FONTE DI ENERGIA ATMOSFERICA

(Joanne Malkus è un ben noto meteorologo dell'Istituto Oceanografico di Woods Hole nel Massachusetts. La sua conversazione riproduce in parte un articolo recentemente apparso nella rivista Oceanus, organo di quell'Istituto)

In questi tempi viene spesso domandato ai meteorologi se e quando sarà possibile all'uomo esercitare un certo controllo sulle condizioni atmosferiche. I meteorologi invariabilmente rispondono che, prima di poter effettuare tentativi di quel genere, l'uomo dovrà compiere molte ulteriori ricerche. Tuttavia ben di rado ci forniscono una risposta sul tipo di ricerche al quale alludono. Che cosa si può dire nei riguardi di quelle ricerche?

Si può dire che hanno quale base e punto di partenza la meteorologia oceanica e marina, e più particolarmente l'influenza reciproca che si esercita fra l'oceano e l'atmosfera. Indagini approfondite su quei rapporti s'iniziarono negli Stati Uniti, e più precisamente all'Istituto Oceanografico di Woods Hole nel Massachusetts, molto prima che fosse stata ventilata la possibilità di controllare artificialmente le condizioni atmosferiche.

Converrà, ora, spiegare come mai le indagini sull'influenza reciproca fra oceano e atmosfera costituiscano una necessaria premessa di qualsiasi tentativo di esercitare un controllo sul tempo. La spiegazione risulta abbastanza semplice, qualora si rifletta sulle nozioni che occorre possedere e sui problemi che occorre risolvere per primi, se si vuol pensare a un eventuale controllo delle condizioni atmosferiche. A quelle nozioni, a quei problemi, e ai tentativi effettuati per risolverli è dedicata la presente conversazione.

Viene spesso affermato che l'atmosfera è paragonabile a un grande motore termico --che l'energia motrice dei venti, delle correnti e dei temporali è rappresentata dal calore solare, il quale è distribuito in maniera ineguale nelle varie zone del globo, e cioè molto più copiosamente nelle regioni equatoriali che in quelle polari. Orbene, questa analogia ci consente di aggiungere che tutti gli spostamenti atmosferici sono, in definitiva, prodotti da calore. Inoltre suggerisce l'ulteriore domanda: come fa il calore a trasformarsi in moto in un liquido? Questa seconda domanda è particolarmente significativa, dato che ad essa si ricollegano problemi di oceanografia, di geofisica e d'ingegneria.

La trasformazione dell'energia termica in moto in un liquido è un processo difficile a comprendersi anche nei suoi aspetti più semplici. Affrontarlo direttamente con riferimento all'oceano e alla complessa, turbolenta atmosfera, è praticamente impossibile. Occorre quindi partire dallo studio dei più semplici esempi di liquidi mossi dal calore che possiamo osservare. In quei sistemi --chiamiamoli così-- elementari possono essere individuati rapporti quantitativi fra trasferimenti di calore e moti da essi dipendenti --rapporti i quali, a loro volta, possono venire controllati con metodi sperimentali e precisati con formule matematiche.

Gli scienziati del laboratorio di ricerche teoriche dell'Istituto Oceanografico di Woods Hole hanno minutamente analizzato vari sistemi semplici del tipo ora indicato. Uno degli esempi classici di macchine termiche idrodinamiche --ossia di liquidi mossi dal calore-- è rappresentato dalle correnti che si stabiliscono in una comune tazza piena di caffè caldo. Se versiamo lentamente in essa della panna e non mescoliamo, vedremo alla superficie del caffè delle striature --una specie di disegno composto di righe chiare e oscure. Orbene quel disegno ci dà un'immagine, vista dall'alto, delle regioni di ascesa e discesa, formatesi nel liquido stesso: regioni che possono avere le forme più varie.

Quell'insieme di movimenti --spiegabili considerando che il raffreddamento del caffè ha luogo partendo dalla superficie e muovendo verso il fondo-- rappresenta il più efficace schema trovato dal liquido in parola per trasportare il suo calore dal basso verso l'alto. Partendo dalla conoscenza del liquido con cui viene effettuato l'esperimento, della sua profondità e della forma del reci-

piente, lo scienziato è in grado di predire le dimensioni e la forma di quelle correnti, nonchè le dimensioni e l'ubicazione dei suddetti movimenti verso l'alto o verso il basso.

Fin qui per quanto riguarda uno dei più semplici esempi di macchina termica idrodinamica che sia concepibile. Da notare che gli scienziati di Woods Hole hanno ravvicinato questo esempio ai fenomeni geofisici reali, studiando le modificazioni delle correnti citate che hanno luogo quando la tazza piena di caffè, anzichè trovarsi su una superficie piana, è collocata su una piattaforma girevole. Ricordiamo, a questo proposito, che l'oceano e l'atmosfera sono situati sulla Terra, la quale ruota intorno al proprio asse. L'accennata rassomiglianza è di per sè stessa un indizio dell'importanza di queste indagini.

Ma, d'altro lato, l'esempio della tazza piena di caffè e le ricerche che ad esso si ricollegano, non rappresentano che un passo verso la comprensione dei rapporti e delle influenze reciproche esercitantisi fra l'oceano e l'atmosfera.

Per fare un ulteriore passo avanti occorre tener presente che l'energia termica fornita dal Sole non viene assorbita direttamente dall'atmosfera, ma viceversa giunge ad essa per via indiretta. Infatti in un primo tempo quell'energia non fa che attraversare l'atmosfera, per giungere sulla superficie della Terra, dalla quale è assorbita. Più precisamente si può affermare che la maggior parte dell'energia solare viene assorbita direttamente dalle regioni tropicali del globo terrestre --per lo più, com'è noto, ricoperte da oceani. Successivamente l'acqua dell'oceano, evaporando, toglie calore all'oceano e lo immette nell'aria. Ma bisogna notare che in un primo tempo questa immissione ha luogo in maniera latente, sotto forma di vapor d'acqua, che si trasformerà in vero e proprio calore solo quando il vapor d'acqua si condenserà, e cioè si trasformerà nuovamente in acqua liquida. Questo, fra parentesi, può avvenire molto tempo dopo che il vapore è stato prodotto, e dopo che i venti lo hanno trasportato a grandi distanze dal luogo di origine.

Se chiamiamo "combustibile" il calore trasferito dall'oceano all'atmosfera in forma latente, quanto abbiamo or ora cercato di spiegare si potrebbe riassumere affermando che l'atmosfera viene rifornita di combustibile dal basso e che il combustibile giunge nell'atmosfera quasi esclusivamente sotto forma di acqua marina evaporata. Notiamo che la capacità di trasferire combustibile da un punto all'altro è una complicazione che il motore termico rappresentato dalla tazza di caffè caldo non possiede, e che aggiunge un enorme numero di difficoltà alla descrizione quantitativa, matematica, di questi fenomeni.

Avendo, così, spiegato quale possa essere considerato il combustibile del motore termico atmosferico, possiamo fare un passo avanti, cercando di chiarire come si effettui quella che potremo

chiamare la combustione, mediante un confronto con ciò che avviene nell'automobile.

Nell'automobile il carburante --la benzina-- passa dal serbatoio ai cilindri, dove ha luogo la combustione, che crea una pressione, la quale a sua volta mette in moto l'albero a gomiti e le ruote. Nell'automobile i cilindri sono in numero prestabilito, tutti della stessa dimensione, e funzionano con regolarità. Domandiamoci adesso: qual'è il corrispettivo atmosferico dei cilindri dell'automobile?

Per rispondere a questa domanda cominceremo coll'osservare che il calore contenuto in forma latente nel vapor d'acqua --come abbiamo ricordato poco fa-- si libera quando il vapor d'acqua si condensa in gocce. Sappiamo bene in qual modo l'atmosfera produca questo risultato: crea nuvole che, dando luogo a pioggia, restituiscono al mare l'acqua e lasciano nell'aria il calore liberatosi dal vapor d'acqua. Ecco, quindi, che il processo da noi chiamato pioggia non ha solamente una funzione, diciamo così, agricola --quella di innaffiare le messi-- ma ha altresì la funzione di liberare il calore, che muove il vento e che governa il clima e le condizioni del tempo.

Tuttavia occorre osservare che queste molteplici funzioni della pioggia si svolgono in maniera alquanto disordinata e sono molto complesse. La più gran parte del vapor d'acqua prodotto dalla evaporazione dell'oceano nelle zone tropicali viene in un primo tempo trasportata dai venti costanti dei tropici verso le regioni equatoriali. Nelle regioni equatoriali quel vapor d'acqua si condensa in enormi nuvole chiamate cumulo-nembi ed aventi press'a poco l'aspetto dei nuvoloni temporaleschi estivi.

Ecco, quindi, che la vera e propria "camera di scoppio" del motore al quale abbiamo accennato è la zona equatoriale, e che i cilindri di quella camera di scoppio sono rappresentati dai cumulonembi. Questi ultimi, infatti trasformano il "combustibile" accumulato in calore e il calore in pressione. Naturalmente le fasi comprese fra la liberazione del calore, a mezzo della pioggia, sugli oceani tropicali, e i venti e temporali delle latitudini intermedie, sono lunghe e complesse. L'energia calorifica dell'atmosfera subisce un gran numero di trasformazioni, prima di far risentire i suoi effetti a grandi distanze. In altre parole, il processo atmosferico e i rapporti reciproci fra oceano e atmosfera sono molto più complessi di quelli aventi luogo fra i cilindri e le ruote dell'automobile. Quindi l'analogia da noi delineata non calza completamente. Ma non importa: nostro scopo era esclusivamente quello di richiamar l'attenzione su un aspetto cruciale dell'influenza reciproca che si esercita fra oceano e atmosfera.

Finora ci siamo occupati della liberazione di energia da parte del motore termico atmosferico --cioè delle piogge tropicali--

e del nucleo della meteorologia oceanica --cioè la funzione dell'oceano quale deposito e sorgente del combustibile che alimenta i fenomeni meteorologici. Se adesso riflettiamo un poco su quanto siamo venuti dicendo, ci accorgeremo facilmente di un paradosso. E cioè la struttura e il comportamento dell'oceano è molto più costante di quello dell'atmosfera. Nella mutevole e volubile atmosfera l'elemento più incerto è la pioggia. Questo è particolarmente vero nelle zone tropicali. Nelle isole Hawaii, costantemente ravviluppate da venti tropicali, parlare di livello medio delle precipitazioni mensili o annuali non fa senso. Infatti quasi tutte le precipitazioni di un mese si concentrano in due o tre giornate piovose, e le precipitazioni annuali sono scarsissime per quattro o cinque anni consecutivi e eccessive ogni quattro o cinque anni.

In altre parole, il paradosso al quale accennavamo consiste appunto in questo: gli oceani tropicali sono costanti e uniformi; l'evaporazione dell'acqua oceanica si svolge con regolarità, anzi in maniera, si potrebbe dire, monotona; nonostante ciò la pioggia tropicale è un irregolare succedersi di rare fasi di abbondanza e di una quasi costante carestia. Che cosa ci dice questo paradosso? Come mai il motore del quale ci stiamo occupando funziona in maniera così irregolare?

Siano ormai giunti ai concetti più nuovi della meteorologia oceanica e ai primi interessanti risultati degli studi attualmente in corso. L'andamento estremamente irregolare di quella che abbiamo chiamato "combustione" ha condotto gli scienziati di Woods Hole a pensare che gli elementi della combustione --quelli che abbiamo paragonato ai cilindri dell'automobile, ossia i cumulo-nembi-- siano in numero relativamente limitato e molto variabile, e siano in un certo senso organizzati a formare sistemi o "galassie" il cui raggio si estenderebbe per centinaia di chilometri e la cui vita avrebbe la durata di alcuni giorni.

La scoperta che gli elementi della combustione sono rappresentati dai torreggianti cumulo-nembi tropicali è una delle scoperte più importanti effettuate ultimamente dalla meteorologia oceanica. E' stato calcolato che la contemporanea presenza, nella fascia equatoriale del globo terracqueo, di un numero di quei nembi oscillante fra i 1500 e i cinquemila sarebbe sufficiente a "bruciare" tutto il combustibile (ossia a trasformare in pioggia tutto il vapor d'acqua) portato in quelle regioni dai venti tropicali. Una popolazione di nubi così limitata spiegherebbe come mai una variazione in più o in meno di alcune centinaia di nembi potrebbe determinare le accennate irregolarità del motore termico.

Ma occorreva controllare quella teoria con osservazioni dirette dei fenomeni studiati. Per esempio occorreva contare le grandi nuvole equatoriali; rappresentarne la disposizione in una specie di carta topografica; studiarne la dinamica, paragonandone il numero in istanti successivi; scoprire in qual modo siano organizzate in

sistemi, distinti fra loro; chiarire la natura e la composizione di quei sistemi; e così via. In considerazione di tale necessità alcuni scienziati di Woods Hole, fra cui l'autore della presente conversazione, hanno compiuto numerosi voli in aeroplano su vaste zone equatoriali del Pacifico, per effettuare riprese cinematografiche delle formazioni nuvolose. Le carte tracciate sulla base di quelle fotografie hanno dimostrato che tutte le nuvole gigantesche e le piogge intense si accentrano in zone ristrette. Sono quelli i temporali tropicali, accompagnati da venti che assomigliano a ondate o a vortici. Circa l'uno per cento di quei temporali s'ingigantisce oltre misura, venendo a formare un uragano. Le nubi gigantesche s'incontrano solamente nelle zone temporalesche, che contengono da due a trecento di quelle nubi.

Poichè il numero degli elementi della combustione nella "camera di scoppio" equatoriale, è relativamente modesto, si può pensare che quella "camera di scoppio" rappresenti l'anello della catena meteorologica nel quale un giorno sarà forse possibile inserire l'intervento umano. L'ulteriore studio delle nubi tropicali, dei loro sistemi, dello sviluppo di alcuni di essi a formare uragani, rappresenta quindi l'attuale frontiera della meteorologia oceanica --la quale a sua volta, come abbiamo detto, costituisce la premessa e la base dell'eventuale intervento dell'uomo per influire sulle condizioni atmosferiche.

Chiunque desideri copia di questa conversazione, potrà ottenerla gratuitamente richiedendo il Testo n. 592 alla: UNIVERSITA' PER RADIO --presso Voce dell'America-- Via Boncompagni 2- R O M A.